



Fizikalni praktikum III

Poročilo

Vaja: Magnetna indukcija

Simon Bukovšek

Datum vaje: 29. november 2022

Datum oddaje poročila: 6. december 2022

1 Teoretični uvod

Magnetno polje na osi tanke tuljave je od oddaljenosti od tuljave odvisno na sledeč način:

$$B(h) = \frac{\mu_0 N I r^2}{2(r^2 + h^2)^{3/2}},$$

kjer je N število ovojev tuljave, r polmer tuljave in I tok skozi tuljavo. Magnetno polje znotraj dolg tuljave je enako

$$B = \frac{\mu_0 N I}{L},$$

kjer je L dolžina tuljave. Za merjenje napetosti uporabimo merilno tuljavico z napetostnim integratorjem, ki izmeri napetost kot

$$U = \frac{N \hat{S}}{RC} (B_2 - B_1) \cos \alpha,$$

kjer je N število ovojev na tuljavici, $S = \pi(r_1^2 + r_2^2)/2$ karakteristični presek, R in C sta upornost in kapacitivnost integratorja, B_2 in B_1 sta končno in začetno magnetno polje ter α je kot med poljem in tuljavico.

2 Pripomočki

- Dve merilni tuljavi.
- Integrator, voltmeter, ampermeter, šolski usmernik in zaščita pred sunki.
- Velika tuljava in elektromagnet.

3 Meritve

Najprej smo izmerili odvisnost gostote magnetnega polja na osi od oddaljenosti od tanke tuljave, nato pa še odvisnost polja od toka skozi elektromagnet.

4 Izmerjeni podatki

Obe merilni sondi imata zunanji in notranji premer enak $2r_1 = (18,0 \pm 0,1)$ mm in $r_2 = (23,0 \pm 0,5)$ mm. Sonda za merjenje po osi ima $N_1 = 2000$ ovojev, sodna za merjenje v elektromagnetu pa ima $N_2 = 2000$ ovojev. Integrator ima upornost $R = (10,0 \pm 0,5)$ k Ω in kapacitivnost $C = (1,0 \pm 0,1)$ μ F. Tanko tuljava ima premer $2r_3 = (250 \pm 2)$ mm in $N_3 = 300$ ovojev. Tok skozi tanko tuljavo je bil vedno $I = (4,00 \pm 0,01)$ A. Spodnja tabela prikazuje izmerjene napetosti na integratorju v odvisnosti od oddaljenosti po osi.

d [cm] (± 0.2 cm)	47	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37
U [mV] (± 0.1 mV)	10.5	10.9	11.3	11.7	12.2	12.6	13.2	13.7	14.3	14.9	15.5
d [cm] (± 0.2 cm)	36	35	34	33	32	31	30	29	28	27	26
U [mV] (± 0.1 mV)	16.2	17.0	17.8	18.7	19.6	20.7	21.7	22.9	24.2	26.0	27.2
d [cm] (± 0.2 cm)	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15
U [mV] (± 0.1 mV)	28.7	30.8	33.4	35.8	38.5	42.0	46.9	51.3	56.2	61.1	67.3
d [cm] (± 0.2 cm)	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
U [mV] (± 0.1 mV)	74.0	83.8	92.3	103.5	113.9	125.7	139.2	154.7	171.2	187.2	207.5

V drugem delu smo merili odvisnost magnetnega polja v elektromagnetu od toka skozi tuljavo. Odvisnost podaja spodnja tabela.

I [A] (± 0.01 A)	U [V] (± 1 mV)
0.00	0.000
0.50	0.482
1.00	0.942
1.50	1.406
2.00	1.866
2.50	2.327
3.00	2.778
3.50	3.230
4.00	3.662
4.50	4.007
5.00	4.508

5 Analiza podatkov

Najprej preračunajmo toke iz prve tabele v gostoto magnetnega polja. To storimo z obrazcem:

$$B = \frac{URC}{N_1 \hat{S}},$$

kjer je $\hat{S} = (3,35 \pm 0,10) \cdot 10^{-4}$ m². Faktor $RC/N_1 \hat{S}$ je enak $(1,50 \pm 0,18) \cdot 10^{-6}$ T/mV. Na spodnjem grafu so narisani podatki skupaj s teoretično izračunano krivuljo. Teoretična krivulja je zamaknjena za približno $1 \cdot 10^{-4}$ T, ker se tako bolje prilaga izmerjenim točkam. To nakazuje, da je šlo za manjšo sistematično napako pri meritvah. Če izračunamo povprečen kvadrat odmika med izmerjenimi točkami in teoretično krivuljo, dobimo:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (B_{\text{izm}} - B_t)^2}{N}} = 1,93 \cdot 10^{-4} \text{ T}.$$

Za drugi del tudi preračunamo napetosti v gostoto svetlobnega toka, tokrat z desetkrat večjim pretvornim faktorjem, saj je bilo desetkrat manj ovojev. Odvisnost magnetnega polja od toka skozi tuljavo podaja naslednji graf. Naklon premice odčitamo kot $k = (0,1381 \pm 0,0054)$ T/A. Iz tega izračunamo, da je število ovojev na enoto dolžine enako:

$$\frac{N}{L} = \frac{k}{\mu_0} = (1099 \pm 43) \text{ ovojev/cm}.$$

